

**VŠB - Technická univerzita Ostrava**  
**Fakulta elektrotechniky a informatiky**

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**2010**

**Petr Dvořák**

**VŠB - Technická univerzita Ostrava**  
**Fakulta elektrotechniky a informatiky**  
**Katedra měřicí a řídicí techniky**

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**2010**

**Petr Dvořák**

# Zadání bakalářské práce

Student:	Petr Dvořák
Studijní program:	B2649 Elktrotechnika
Vedoucí:	Ing. Martin Černý
Akademický rok:	2009/2010
Studijní obor:	3901R039 Biomedicínský technik
Téma:	Ovládání vnitřních okenních žaluzií pro HomeCare aplikace Jalousie control for HomeCare Application

## Zásady pro vypracování:

1. Výběr systému ovládání okenních žaluzií.
2. Návrh systému vzdáleného ovládání žaluzií.
3. Realizace ovládání žaluzií s využitím bezdrátové komunikace ZigBee pro využití v HomeCare.
4. Provedení testů
5. Zhodnocení dosažených výsledků

## Seznam doporučené odborné literatury:

1. VAN SICLE, T. [i]Programming microcontrollers in C[/i]. New York: Newnes, 2003. ISBN 1-878707-57-4
2. BURKHARD, M. [i]C pro mikrokontrolery[/i]. Praha: BEN, 2003. ISBN 80-7300-077-6
3. RISTIC, L. [i]Sensor technology and devices[/i]. London: Artech House, 1994. ISBN 0-89006-532-2
4. ĎAĎO, S.- KREIDL, M. [i]Senzory a měřicí obvody[/i]. Vydavatelství ČVUT, Praha, 1999. ISBN 80-01-02057-6

## **Prohlášení o autorství**

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

V Ostravě dne .....

.....  
Petr Dvořák

## **Poděkování**

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucímu mé bakalářské práce panu Ing. Martinu Černému za vstřícnost, cenné rady a hodnotné připomínky jak k technickému řešení, tak i k písemné části mé bakalářské práce. Dále bych chtěl poděkovat Ludmile Šablatureové za pomoc s gramatickou a stylistickou korekturou textu.

## **Abstrakt**

Tématem mé bakalářské práce je vytvořit systém dálkového ovládání vnitřních okenních žaluzií pomocí ZigBee v aplikacích domácí péče o pacienty. Tato práce by měla ulehčit život hlavně pohybově postiženým pacientům a to i těm zcela imobilním, pro které je obsluha běžně vyráběných žaluzií nemožná.

## **Klíčová slova**

HomeCare, Domácí péče, ZigBee, Okenní žaluzie, Laird Technologies, Z040S 1, Dálkové ovládání

## **Abstract**

Topic of my bachelor work is construct system of remote control internal windows jalousies by ZigBee in HomeCare application. This work will make easier life primarily move handicapped also totally immobility patient for them using common made jalousies is impossible.

## **Key words**

HomeCare, ZigBee, Window jalousies, Laird Technologies, Z040S 1, Remote control

## Seznam použitých symbolů a zkratek

AA	Označení rozměru bateriových článků
AES	Advanced Encryption Standard
AND	Logický součin
CSMA/CA	Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance
DC	Direct current
DPS	Deska plošných spojů
DSSS	Direct Sequence Spread Spectrum
FCS	Frame Check Sequence
FFD	Full Functional Device
GPS	Global position systém
Hi	High
I/O	Input/Output
ID	Identification
IEEE	The Institute of Electrical and Electronics Engineers
IrDa	Infrared Data Association
ISM	Industrial Scientific Medical
ISO-OSI	International Organization for Standardization - Open Systems Interconnection
LED	Light emitting diode
Lo	Low
MAC	Linková vrstva
MOSFET	Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor
MPDU	MAC Protocol Data Unit
NWK	Network
O-QPSK	Offset quadrature phase-shift keying
OR	Logický součet
OZ	Operační zesilovač
PAN	Personal Area Network
PC	Personal Computer
PPDU	PLCP Protocol Data Unit
QPSK	quadrature phase-shift keying
RFD	Reduced Functionality Device
SSP	Security services Provider
TTL	Tranzistor - tranzistor logic
USB	Universal Serial Bus
VŠB	Vysoká škola báňská
VŠB-TUO	Vysoká škola báňská - Technická universita Ostrava
Wi-fi	Wireless fidelity

# Obsah

1	Úvod.....	1
2	Teoretický rozbor .....	2
2.1	HomeCare .....	2
2.2	ZigBee.....	2
2.2.1	Struktura komunikačního standardu .....	3
2.2.2	Topologie sítě .....	5
2.2.3	Adresace .....	6
2.2.4	Zabezpečení.....	7
2.2.5	Napájení a spotřeba.....	7
3	Vývojový kit firmy Laird Technologies Z040S 1 .....	8
4	Návrh systému bezdrátového ovládání žaluzií.....	9
4.1	Ovládací elektronika.....	10
4.1.1	Spouštění a reverzace DC motorku.....	10
4.1.2	Zjišťování polohy pro řízení .....	13
4.2	Softwarové prostředí.....	14
4.3	Komunikace PC s řídicí elektronikou pomocí modulů ZigBee.....	16
4.4	Testování a doladování.....	19
5	Ovládací elektronika – změněná koncepce.....	21
5.1	Návrh logického obvodu s čítači .....	22
5.2	Změny na zesilovači .....	24
5.3	Změna prostředí v PC .....	24
5.4	Hlavní panel a mechanické provedení .....	27
5.5	Realizace a testování.....	28
6	Závěr .....	30
7	Použitá literatura .....	31

# 1 Úvod

Většina z nás bere možnost se svobodně pohybovat, konat každodenní rutinní úkony, obsluhovat ovládací prvky ve svém okolí a hlavně ve svém domově jako něco normálního a přirozeného. Je ale mezi námi mnoho hendikepovaných lidí, pro které je toto jen snem, a právě pro takové je zde služba domácí péče. V dnešní době je domácí péče zajišťovaná službou charitativních pracovníků a zdravotních sester, proto je snaha tuto nákladnou službu zmodifikovat, zmodernizovat a hlavně podpořit v mnoha oblastech automatizovanými nebo alespoň dálkově řízenými systémy, které nabídnou určitý komfort hendikepovaným. Systémy tohoto typu se snaží implementovat do takzvaných „HomeCare domů“ ve kterých jsou ovládací prvky, domácí zařízení a přístroje přizpůsobeny na míru právě určitému člověku s určitým druhem postižení.

Jeden z takových systémů, který zapadá do koncepce HomeCare je právě aplikace dálkového ovládání žaluzií, které může pomoci pohybově hendikepovaným s vládáním tak banálního a běžného domácího vybavení, jako jsou právě okenní žaluzie.

Cílem této práce je navrhnout optimální systém dálkového ovládání vnitřních okenních žaluzií pomocí přenosného počítače přes komunikační standard ZigBee. ZigBee je zde použit zejména pro svou příznivou cenu, nízkou spotřebu, spolehlivost a hlavně proto, že tento komunikační standard zapadá do již rozpracovaného projektu na VŠB týkajícího se právě systému HomeCare.

[4]



## **2 Teoretický rozbor**

### **2.1 HomeCare**

HomeCare, v překladu domácí péče, je podpůrná a zdravotní péče přímo v pacientově domě. Zdravotnická domácí péče, obstarávaná zdravotnickým personálem, se stará přímo o zdravotní stav pacienta a jedná se zejména o návštěvy lékaře a sester kontrolující zdravotní stav pacienta, diagnostiku nemocí a jejich léčení. Takzvaná podpůrná domácí péče se stará o komfort, hygienu a běžné potřeby pacienta, tato péče je prováděná vyškolenými pracovníky, rodinnými příslušníky či přáteli pacienta.

Prvnímu okruhu jsou nápomocné zejména telemetrické systémy, které monitorují zdravotní stav pacienta a přenášejí je přímo na pracoviště lékaře, který je tak schopen mít stále své pacienty pod kontrolou.

Druhému, neméně důležitému okruhu, tedy podpůrné péči mohou napomoci různé mechanizované a ergonomizované nástroje, ovládací prvky a vybavení domu.

Proto se někteří pracovníci Katedry měřicí a řídicí techniky, Fakulty elektrotechniky a informatiky na VŠB-TUO oboru Biomedicínský technik zaměřili právě na návrh, vývoj a konstrukci takovýchto systému zaměřily a vyvíjí ve spolupráci se studenty komplexní řešení takovýchto systémů.

[4]

### **2.2 ZigBee**

ZigBee je jednoduchý bezdrátový komunikační standard, který umožňuje vzájemnou komunikaci až desítek tisíc zařízení na vzdálenost pohybující se okolo stovky metrů. Pro svou nízkou cenu, spotřebu a malé nároky na hardware je to oblíbená technologie pro bezdrátový přenos dat a řízení v průmyslu, budovách, spotřební elektrotechnice, zabezpečovacích systémech, počítačových perifériích a zdravotnictví.

Bezdrátový komunikační protokol ZigBee byl zaregistrován koncem roku 2004 u mezinárodního institutu The Institute of Electrical and Electronics Engineers jako IEEE 802.15.4 organizací ZigBee Alliance.

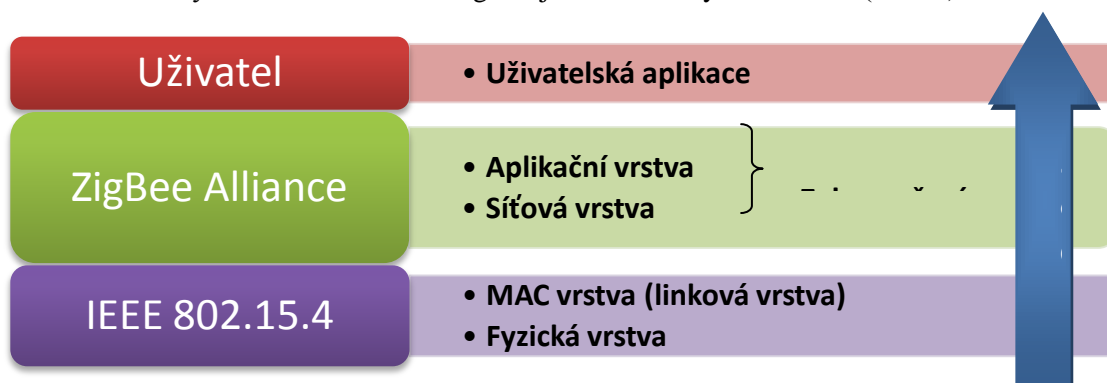
Mezinárodní nezisková organizace ZigBee Alliance byla založena v září roku 2002 a sdružuje přední výrobce elektronických součástek jako například Honeywell, Motorola, Philips, Samsung, Omron, ABB, Siemens, Texas Instruments a Freescale Semiconductors. Snahou ZigBee Alliance je dosáhnout co nejjednodušší jednotky s nízkou spotřebou. Cílem je aby jednotky vydržely v provozu s běžným tužkovými bateriemi typu AA několik měsíců i let.

ZigBee nebylo navrženo jako přímý konkurent starším technologiím jako je Bluetooth, Wi-fi, IrDa, ale mělo vyplnit tehdejší mezeru na trhu.

Nižší spotřeba a větší dosah ZigBee je vykoupen nižší přenosovou rychlostí. Díky tomu je však odolnější proti rušení, čímž je ZigBee ideální řešení pro monitorování a řízení v průmyslu, kde může zastávat bezdrátovou náhradu drátového sériového přenosu jako RS-232 nebo RS-485, zde jsou zbytečně drahé technologie jako Wi-fi (postačují rychlosti řádově desítek kb/s). Oproti jiným levnějším typům bezdrátové komunikace jako je běžný rádiový přenos vyniká ZigBee topologií sítě, kterou vytváří pomocí propracovaného adresování.

### 2.2.1 Struktura komunikačního standardu

Jednotlivé vrstvy ISO-OSI standardu ZigBee jsou zobrazeny na obrázku (Obr. 1).



Obr. 1: OSI model komunikačního protokolu ZigBee

Fyzická vrstva standardu IEEE 802.15.4 využívá kvůli neshodě norem v různých zemích světa tři komunikačních pásem:

- Pro Evropu je použito pásmo 868 MHz, 1 kanál, přenosová rychlost 20 kb/s

- Pro americký kontinent je to 915 MHz, 10 kanálů, přenosová rychlost 40 kb/s
- Celosvětové pásmo ISM 2,4 GHz, 16 kanálů, přenosová rychlost 250 kb/s

Signál je modulován metodou O-QPSK a vzduchem přenášen prostřednictvím DSSS. Přístup na kanál zajišťuje protokol CSMA/CA.

O-QPSK [Offset quadrature phase-shift keying] je speciální případ QPSK (kvadrurní fázové modulace), u které nemá přenesený signál žádnou amplitudovou modulaci, díky tomu, že je signál rozdělen v modulátoru do dvou částí I a Q, které jsou přenášeny poloviční dobu trvání každého symbolu. Tím je vykompenzován průchod nulou, čímž nedochází k nechtěnému posunu fáze o  $180^\circ$ , a zaniká amplitudová modulace.

DSSS [Direct Sequence Spread Spectrum], neboli technika přímého rozprostření spektra, je metoda pro rozšíření spektra při bezdrátovém přenosu. Tato technologie je použita i u GPS a Wi-fi. DSSS nahrazuje přenášené bity určitou početnější sekvencí bitů, tzv. chipů. Přenášena je pak tato sekvence bitů. Signál je tím rozprostřen do větší části spektra, čímž je odolnější vůči rušení. Bez znalosti mechanismu rozprostření není možné signál opět demodulovat.

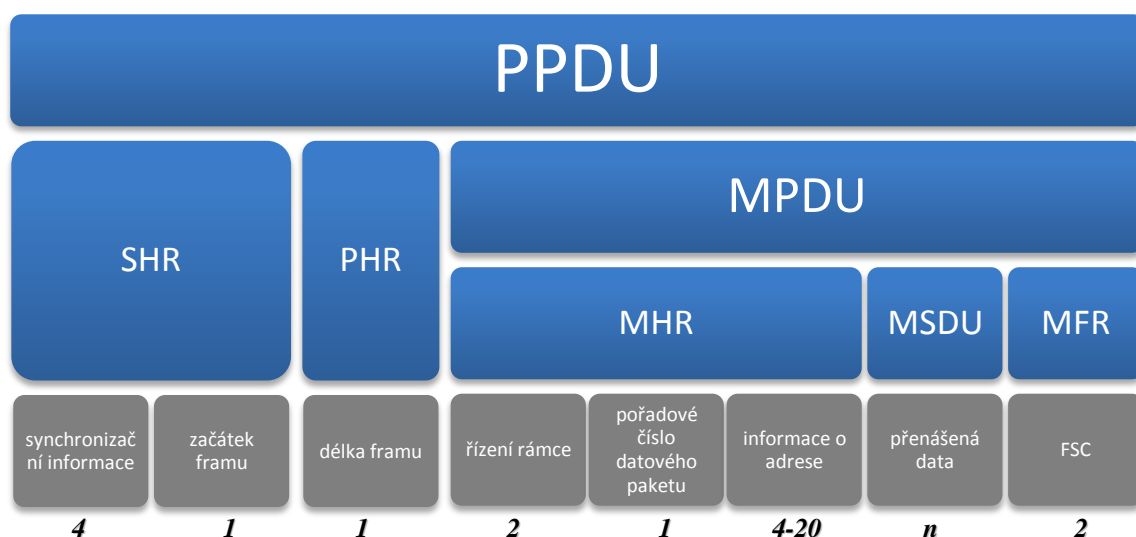
CSMA/CA [Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance] patří do třídy protokolů označovaných jako metody s vícenásobným přístupem, které minimalizují vznik kolizí a interferencí. Stanice nejprve naslouchá, pokud je cesta volná, vyšle data. Přijímající stanice nakonec zkontroluje paritu a vyšle potvrzení o správném přijetí. Naslouchání probíhá tak, že vysílající stanice vyšle krátký paket obsahující adresu výchozí a cílové stanice a také čas, který bude potřebný k přenesení dat. Ostatní stanice se po zachycení tohoto paketu na dobu v tomto paketu určenou přepnou do režimu naslouchání, čímž se uvolní linka pro přenos dat. Po ukončení přenosu se linka opět uvolní pro ostatní zařízení. V případě, že je médium zaneprázdněno, přejde vysílající stanice do režimu exponenciálního čekání, což znamená, že se po určitých nepravidelných intervalech opětovně snaží spojit s cílovou jednotkou.

MAC vrstva (Linková vrstva) udává vlastní komunikační proceduru mezi jednotlivými zařízeními pomocí rámců. U ZigBee jsou definovány čtyři typy komunikačních rámců:

- Beacon Frame – rámeček k synchronizaci zařízení v síti. Hlavní využití nachází pro spánkový režim klientských zařízení, který způsobuje extrémně sníženou spotřebu
- MAC Command Frame – rámeček k centralizovanému konfigurování, nastavení a řízení klientských zařízení v síti
- Data Frame – rámeček pro přenos užitečné informace pro všechny datové přenosy
- Acknowledgement Frame – rámeček pro přenos potvrzovací informace, který je využitelný pouze na úrovni MAC pro potvrzovanou komunikaci

K probuzení uspané koncové stanice dochází pomocí časové synchronizace, kdy se stanice v intervalech 15 ms až 15 minut sama probudí a přenese potřebné data. Po zdárném ukončení přenosu se znovu uvede do režimu snížené spotřeby, ve kterém čeká na opětovný synchronizační interval.

Data frame paketu PPDU jsou definována přímo standardem IEEE 802.15.4. PPDU je složen ze dvou částí, jedné vytvořené fyzickou a druhé linkovou vrstvou. Fyzické vrstvě náleží části SHR a PHR obsahující informaci o začátku paketu, jeho délce a informace potřebné pro časovou synchronizaci zařízení. Linkové (MAC) vrstvě náleží část MPDU obsahující samotná data o délce až 104 B, data k řízení rámce, informaci o adrese cíle, pořadové číslo paketu a kontrolní mechanismus FCS [Frame Check Sequence]. Strukturu paketu PPDU zobrazuje obrázek (Obr. 2).



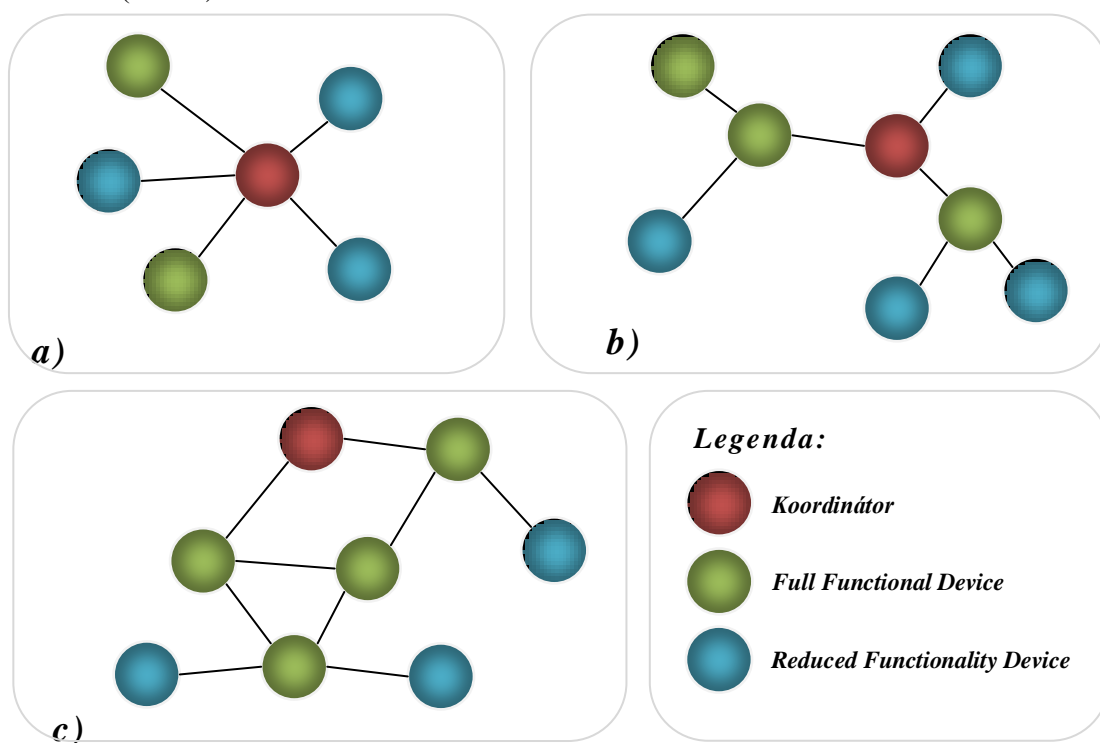
**Obr. 2: Datový rámeček**

MAC Command frame má obdobnou strukturu jako data frame, jen je místo dat přenášén příkaz. Stejnou strukturu má i Acknowledgement Frame, který je vyslán koncovým zařízením zpět pro potvrzení o zpětném přijetí paketu.

## 2.2.2 Topologie sítě

Jednotlivá zařízení se dělí do dvou skupin FFD [Full Functional Device] a RFD [Reduced Functionality Device]. FFD jsou zařízení obsahující kompletní protokolový rámeček a mohou zajišťovat veškeré služby, které dovoluje technologie ZigBee, kdežto RFD obsahují jen redukovaný rámeček, který postačuje pro jejich konkrétní funkci a snižuje tím nároky

na hardware. Tyto zařízení spolu komunikují na úrovni sítě PAN [Personal Area Network], kde mohou tvořit tři druhy struktur - star topology (hvězdicová topologie), tree topology (stromová topologie) a mesh topology (síťová topologie) neboli také hybridní topologie strom a hvězda. Topologie typu hvězda je založena na jednom jediném centrálním řídícím uzlu – PAN koordinátoru, ke kterému se všechna ostatní zařízení připojují jako koncová. U stromové topologie je rovněž řídícím uzlem PAN koordinátor, ale s tím rozdílem, že se na něj koncová zařízení nemusí připojovat přímo, ale mohou se připojit přes prostředníka – směrovač, který je zařízení typu FFD. Topologie síť je založena na obou strukturách s tím, že mohou být některé zařízení v síti propojena redundantně. Schematické vyobrazení jednotlivých topologií je na obrázku (Obr. 3).



Obr. 3: Příklad topologií ZigBee - a) Star topology, b) Tree topology, c) Mesh topology

### 2.2.3 Adresace

K adresaci jednotlivých zařízení je používáno binárního dlouhého adresovacího kódu o délce 64 bitů nebo zkráceného 16 bitového adresovacího kódu. Zkrácená verze adresace dokáže pojmut až 65535 zařízení, čímž se stává dostačující pro většinu aplikací. Pro případ, že se na

jednom prostoru nacházejí dvě sítě, je použita ještě identifikace sítě pomocí 16 bitového PAN ID, které přiděluje všem stanicím koordinátor.

#### **2.2.4 Zabezpečení**

K zabezpečení komunikace v síti ZigBee je použito SSP [Security services Provider], který je implementován v síťové vrstvě. Jako zabezpečovací algoritmus je použit algoritmus AES [Advanced Encryption Standard] se 128 bitovým klíčem.

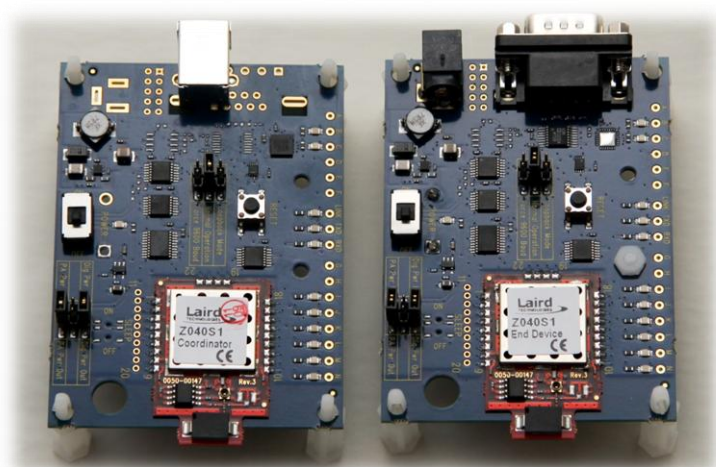
#### **2.2.5 Napájení a spotřeba**

Díky synchronizaci a provozu se sníženou spotřebou postačuje k napájení ZigBee baterie, které vydrží velmi dlouhou dobu, řádově měsíce až roky. Vzhledem ke stabilitě aplikací využívajících bezdrátový přenos ZigBee je dobré, aby byly koordinátory a směrovače napájeny ze síťového zdroje. Zejména kvůli zbytečným výpadkům na nich závislejících nižších struktur sítě způsobených vybitím baterií v koordinátoru nebo ve směrovačích, na kterých je funkčnost a stabilita sítě přímo závislá.

[1] [2] [3] [6] [7] [9]

### 3 Vývojový kit firmy Laird Technologies Z040S 1

Desky vývojového kitu firmy Laird Technologies Z040S 1 Coordinator a Z040S 1 End Device jsou založené na technologii modulu ZB2430 od firmy Texas Instruments, což je momentálně nejrozšířeněji používaná varianta ZigBee čipu na trhu. Ilustrační foto obou modulů zobrazuje obrázek (Obr. 4).



**Obr. 4: Moduly Laird Technologies Z040S 1 (Coordinator vlevo, End Device vpravo)**

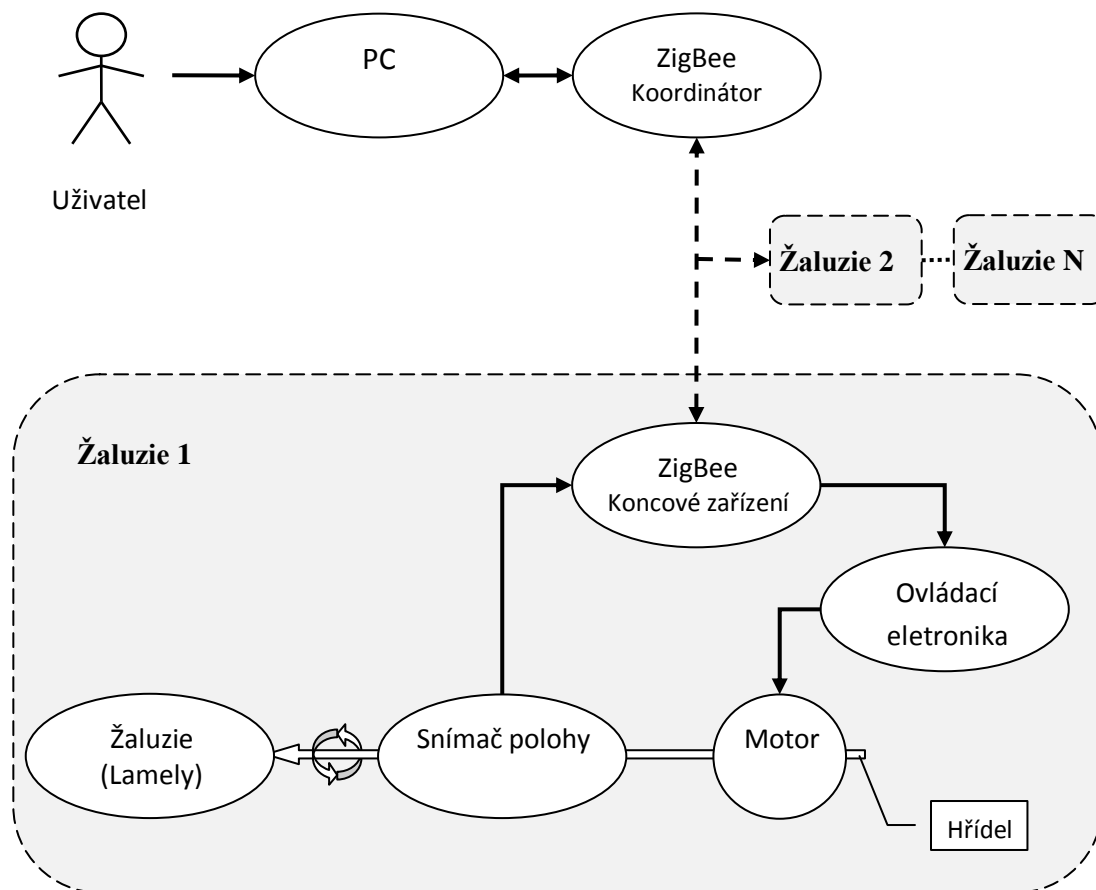
Obě desky vývojového kitu se připojují k PC pomocí standardních rozhraní, a to v případě koordinátoru přes univerzální rozhraní USB – konektor typu B, koncové zařízení (End Device) je k PC připojitelné pomocí sériového rozhraní RS 232 – klasický konektor DB9 .

Napájení koordinátoru probíhá pomocí konektoru USB, kdežto napájení koncového zařízení obstarává 9V baterie připojená zespod desky nebo pomocí 9V zdroje přes jack konektor umístěný vedle RS-232.

Samotné desky obsahují ovládací prvky v podobě vypínače napájení (ON/OFF), spínače resetu (RESET), dvou sad pinů pro spojení pomocí jumperů, jedné pro volbu módů, ve kterých může zařízení fungovat (J9), a druhé pro volby napájení samotného ZigBee modulu (J4). Dále obsahují testovací piny a k nim náležící LED diody indikující logické stavy k nim příslušných prvků. Indikační LED informují o stavu komunikace na RS-232 i na samotných I/O (vstupu a výstupech) na modulu ZigBee. Desky obsahují ještě jednu zelenou LED diodu pro kontrolu stavu ON/OFF.

## 4 Návrh systému bezdrátového ovládání žaluzií

Předmětem zadání má bakalářské práce je vytvořit bezdrátové ovládání polohy vnitřní žaluzie pomocí ZigBee. Ovládání by mělo vypadat tak, že pohybově postižený pacient bude ovládat pomocí PC nebo notebooku situovaného na vozíku nebo vedle lůžka žaluzie v jedné nebo více místnostech. Přenos informace z PC do žaluzie budou obstarávat ZigBee moduly. Koordinátor, připojený na pacientovo PC a koncová zařízení, bude umístěn na tělesech žaluzií. Blokové schéma tohoto systému zobrazuje schéma (Obr. 5).

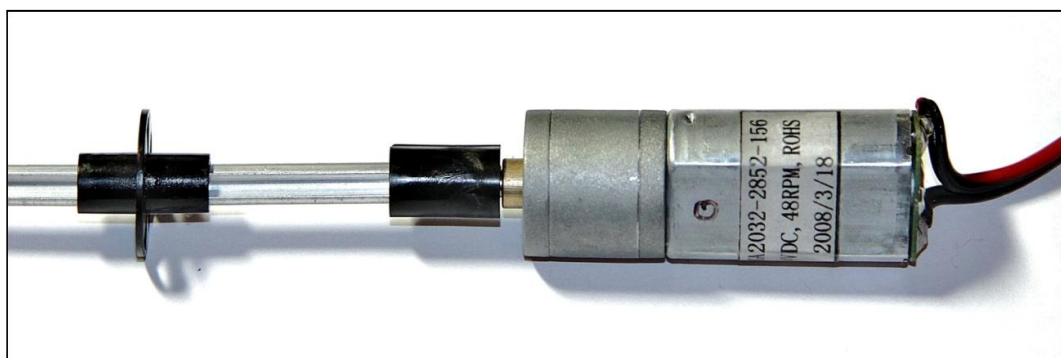


Obr. 5: Blokové schéma systému ovládání žaluzií



Jednotlivá koncová zařízení ZigBee budou pomocí Ovládací elektroniky ovládat motor připojený přímo na osu ovládající pohyb žaluzií. O stavu, ve kterém se v určitém okamžiku nacházejí lamely žaluziového tělesa, bude koncové zařízení informovat snímač polohy. Získané informace odešle koncové zařízení zpět do PC prostřednictvím ZigBee koordinátoru. V PC se v jednoduchém a uživatelsky přehledném rozhraní zobrazí aktuální stav, který bude moci uživatel kdykoli změnit pohybem myši nebo pomocí klávesnice.

Žaluziové těleso je průmyslově vyráběná vnitřní okenní žaluzie poháněná stejnosměrným elektromotorkem. Použitý elektromotorek je 2,4 V DC opatřený převodovkou s 48 otáčkami za minutu. Při jmenovitém napětí jím protéká proud 250 mA. Příslušenstvím motorku je plastová spojka pro uchycení ke kovové hřídeli žaluziového tělesa a perforovaný disk inkrementálního snímače jak zobrazuje obrázek (Obr. 6).



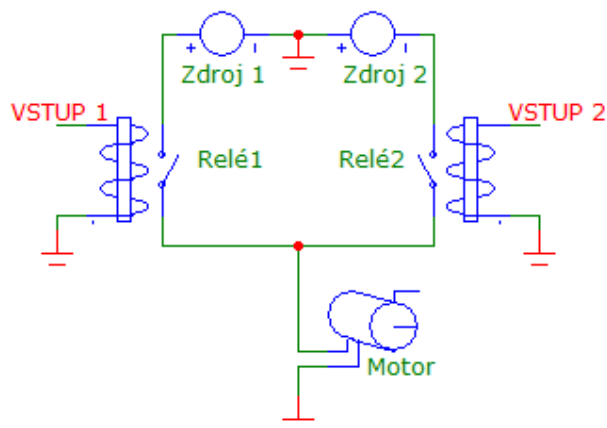
**Obr. 6: Pohon žaluziového tělesa**

## **4.1 Ovládací elektronika**

### **4.1.1 Spouštění a reverzace DC motorku**

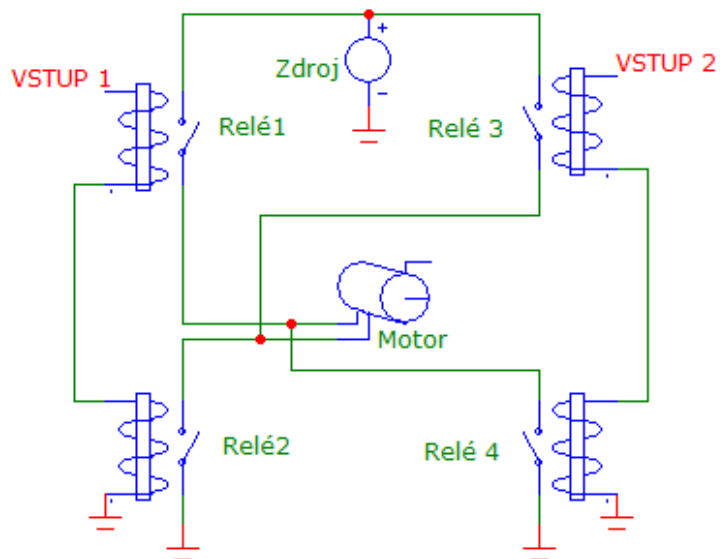
Ovládací elektronika ovládající motorek by měla být schopna pracovat s poměrně velkými proudy pohybujícími se okolo 250 až 300 mA při napětí na svorkách stejnosměrného elektromotorku v rozmezí 2,5 až 3 V. Pro toto použití by byly nejjednodušším řešením relé v zapojení dovolujícím reverzaci DC motorku. K dispozici je buď možnost využívající zdroje se středním vývodem, nebo zapojení, které bude obracet polaritu svorek motorku. První možnost je sice jako zapojení jednodušší, protože by se skládalo pouze ze dvou relé. Jedno by spouštělo napětí

z kladné a druhé ze záporné svorky zdroje na kladnou svorku motorku a druhé by bylo zapojeno do středního vývodu (země) zdroje, jak zobrazuje obrázek (Obr. 7).



**Obr. 7: Zapojení pomocí relé a zdroje se středním vývodem**

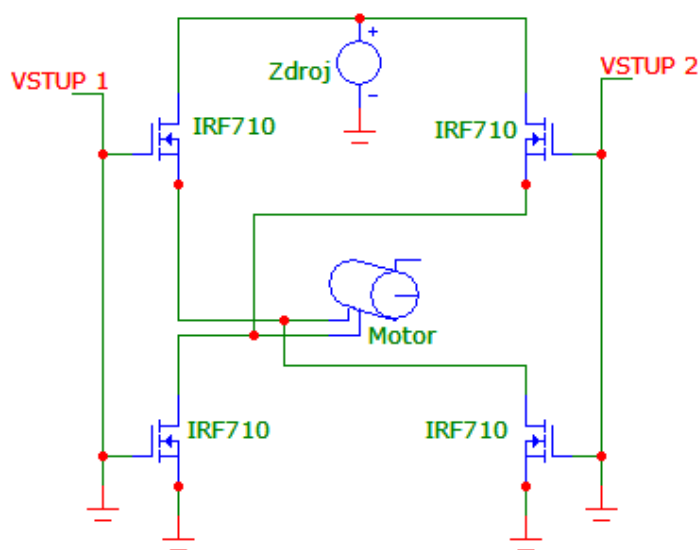
Ale toto řešení není zcela výhodné z důvodu potřeby poměrně složitého zdroje, nebo v případě bateriového napájení nutnost použití dvou baterií. Proto se nabízí jako lepší varianta použít zapojení s jednoduchým stejnosměrným zdrojem nebo jednou baterií a převrácením polarity tohoto zdroje pomocí čtyř relé jako na (Obr. 8).



**Obr. 8: Zapojení relé s použitím jednoduchého zdroje**

Mechanická relé byla uvažována pro svou jednoduchost, ale jako mechanický prvek podléhá poměrně vysokému opotřebení a tím se stávají v obvodu zdrojem poruch. Jako nevhodná se ukázala i relé elektronická – polovodičová, která v provedení schopném spínat proudy potřebné pro roztočení motorku mají příliš velký budicí proud, který modul firmy Laird typu Z040S 1 není schopen na digitálním výstupu vytvořit.

Z výše zmíněných důvodů se naskytá jako nejlepší alternativa použití polovodičových spínacích prvků. Jako nejvýhodnější byl vybrán unipolární výkonový tranzistor technologie N-MOSFET IRF710. Skupinou čtyř tranzistorů tohoto typu byla nahrazena relé z předešlého schématu, které je v přepracované podobě zobrazeno na (Obr. 9).



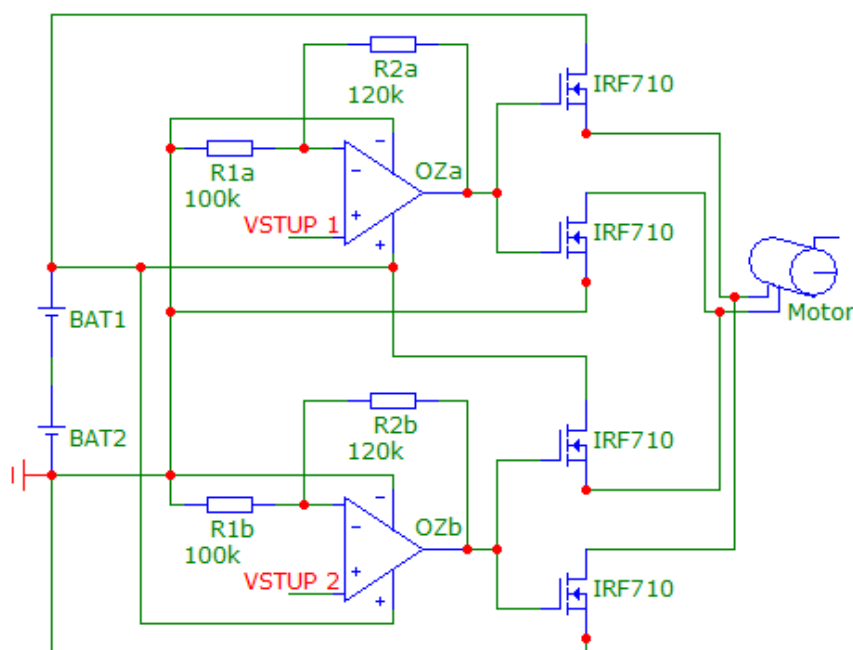
**Obr. 9: Schematické zobrazení zapojení reverzace DC motorku pomocí tranzistorů MOSFET**

Tranzistory technologie MOSFET byly vybrány proto, že jsou ovládány napětím a mají velmi velký vstupní odpor, čímž nebudou zatěžovat výstupní porty ZigBee modulu. Typ IRF710 byl vybrán pro svou schopnost spínat proudy do 2 A při pokojové teplotě a 1,2 A při teplotě 100 °C, příznivou cenu a konstrukci pouzdra TO-220 s dobrou samochladicí schopností a možností připojit pasivní chladič.

Při simulaci zapojení v prostředí Micro-Cap 9 bylo zjištěno, že výstupní napětí představující logickou jedničku na digitálních výstupech modulu Z040S 1 čítající okolo 3,3 V s maximálním rozkmitem  $\pm 0,25$  V není schopno zcela otevřít použitý tranzistor. Tento problém byl vyřešen předřazením dvojitého operačního zesilovače NE5532 v pouzdru DIL8 v neinvertujícím zapojení se zápornou zpětnou vazbou. Tento operační zesilovač vyžaduje napájecí napětí v rozmezí 5 až 15 V. Z tohoto důvodu a z důvodu jednoduché instalace byly jako zdroj napájení obvodu vybrány dvě klasické 9V baterie. Simulací v prostředí Micro-Cap 9

bylo jako napětí potřebné ke správnému otevření tranzistoru IRF710, pro napětí na svorkách DC motorku 2,5 V, napětí 7,3V. Zesílení A operačního zesilovače proto bylo určeno na 2,21 dB podle vzorce  $A = \frac{U_2}{U_1}$ , kde  $U_1$  je výstupní napětí modulu ZigBee a  $U_2$  napětí potřebné pro otevření tranzistoru IRF710. Poměr odporů nastavujících zesílení byly určeny úpravou vzorce

$A = 1 + \frac{R_2}{R_1}$ , kde  $R_1$  je odpor na vstupu OZ a  $R_2$  je odpor zpětné vazby. Úpravou tohoto vzorce na tvar  $\frac{R_2}{R_1} = A - 1$  byl určen poměr odporů  $R_2$   $R_1$  na 1,21. Tomuto poměru nejlépe odpovídají hodnoty odporů z vybrané řady E12  $R_1 = 100 \text{ k}\Omega$  a  $R_2 = 120 \text{ k}\Omega$ . Výsledné zapojení s použitím operačního zesilovače schematicky zobrazuje obrázek (Obr. 10).



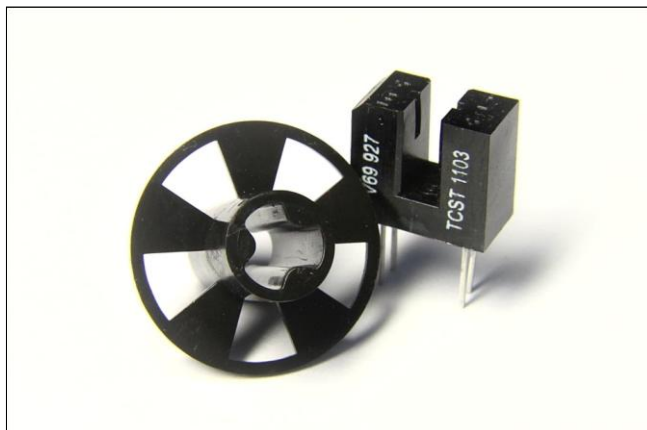
Obr. 10: Znáznornění reverzace DC motorku pomocí IRF710 doplněné o OZ

[5]

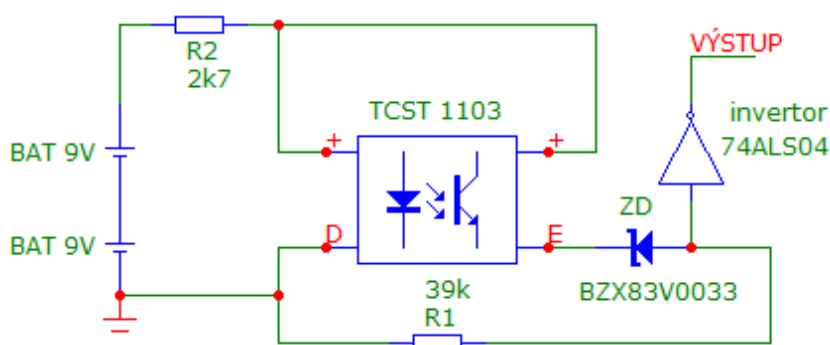
#### 4.1.2 Zjišťování polohy pro řízení

Pro zjišťování polohy žaluziového tělesa byl zvolen inkrementální snímač otáček umístěný přímo na hřídeli motorku. Tento snímač bude tvořen integrovanou optozávorou TCST 1103 připojenou přes přizpůsobovací obvod na digitální vstup GIO\_2 modulu Z040S 1, který používá

logiku TTL 3,3 V. Přizpůsobovací obvodu bude obsahovat kromě diskrétních součástek ,přizpůsobujících napěťové a proudové hladiny, i integrovaný invertor 74ALS 04 v pouzdře DIP14 pro úpravu tvaru náběžné a sestupné hrany impulsů. Fyzickou podobu a sděma zapojení snímače otáček zobrazují obrázky (Obr. 11 a Obr. 12).



Obr. 11: Inkrementální snímač polohy TCST 1103 (otáček)



Obr. 12: Schéma zapojení snímače otáček

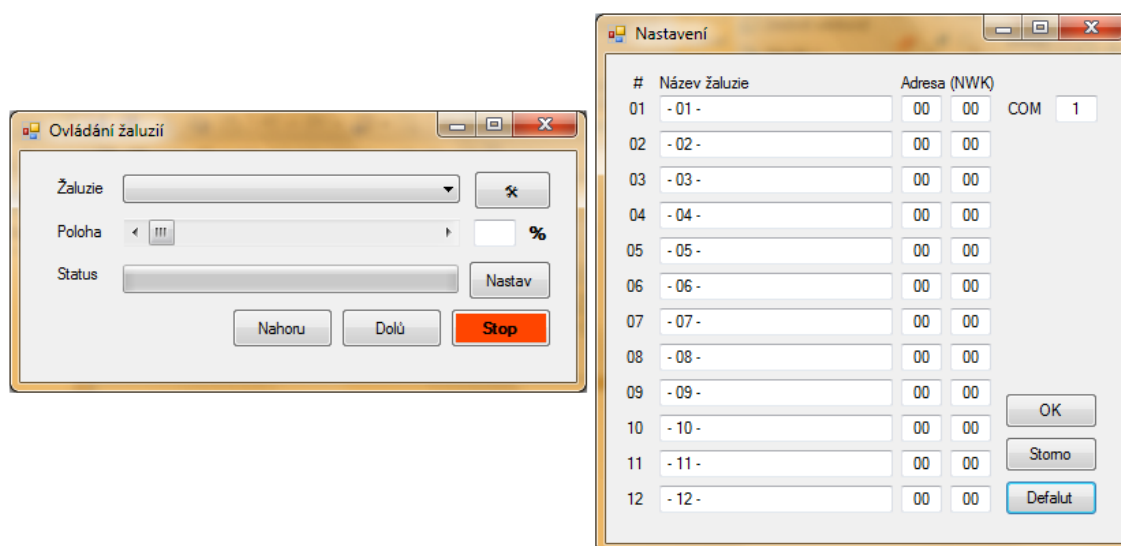
## 4.2 Softwarové prostředí

Jak již bylo zmíněno dříve, programové prostředí v PC by mělo být jednoduché a srozumitelné, aby se s ním mohli v krátkém čase naučit pracovat i straší lidé bez zkušenosti s PC a jinými moderními technologiemi.

Rozhraní v PC by mělo obsahovat tyto možnosti:

- Výběr aktuálně ovládaného žaluziového tělesa
- Zobrazení aktuální polohy lamel žaluzie
- Vstupní ovladač pro nastavení polohy lamel žaluzie
  - Kontinuální ruční ovládání polohy
  - Automatické najetí do určené polohy
- Tlačítko pro nouzové zastavení všech žaluzií
- Tlačítko pro nastavení parametrů (adresy koncových zařízení, COM port ...)

Z rozličného množství programovacích jazyků byl vybrán C# a to z důvodu jeho relativní jednoduchosti a navázání na základní zkušenosti z kurzu Systémy monitorování a řízení. Jako programovací prostředí byla vybrána aplikace Microsoft Visual Studio 2008. Předpokládaná podoba uživatelského rozhraní je zobrazena na (Obr. 13).



**Obr. 13: Uživatelské rozhraní**

Hlavním oknem aplikace je okno Ovládání žaluzií, jehož jednotlivé prvky jsou:

- Rozbalovací nabídka Žaluzie sloužící k výběru jednotlivých žaluzií ze seznamu editovatelného v okně Nastavení. První položka v seznamu výběru je položka Vše, která umožňuje ovládat všechna zařízení najednou. Následující možnosti jsou 12 uživatelsky definovaných žaluzií.
- Posuvník a textové pole Poloha zobrazuje aktuální polohu žaluziových lamel, posuvník i textové pole souží zároveň jako prvek nastavení, které se provede po stisku tlačítka Nastav.

- Progressbar Status zobrazuje průběh posunu lamel do určené polohy.
- Tlačítka Nahoru, Dolů a Stop slouží k manuálnímu ovládání.
- Tlačítko ✕ slouží k vyvolání okna Nastavení.

Okno Nastavení obsahuje tyto volby:

- 12 Textových polí pro zadání názvu žaluzie například podle umístění, jako Pokoj, Ložnice a podobně
- Dalších 24 textových polí je určeno pro zadávání NWK adresy koncových zařízení ZigBee. První buňka slouží pro zadání NWK Hi a druhé pro NWK Lo.
- Textové pole COM slouží k určení čísla virtuálního COM postu vytvořeného automaticky ovladačem dodaným k ZigBee modulům Laird Technologies Z040S 1.
- Tlačítko Defalut vyplní do všech polí původní hodnoty (obdobu továrního nastavení)
- Tlačítko OK potvrzuje navolené parametry a uzavře okno Nastavení
- Tlačítko Storno uzavře okno Nastavení bez uložení provedených změn

Všechny uložené volby se ukládají na pevný disk PC, kde zůstanou i po ukončení aplikace a jejím opětovném spuštění.

### 4.3 Komunikace PC s řídicí elektronikou pomocí modulů ZigBee

ZigBee moduly pracují ve dvou pro mou aplikaci potřebných módech:

- Comand Mode
- Data Mode

Comand Mode je mód, ve kterém zařízení přijímá povely a provádí vnitřní nastavení. Uvedení do stavu Comand mode se provádí buď hardwarově nebo softwarově. Data Mode je mód, ve kterém zařízení funguje jako přeposílač dat dalším zařízením, a je pro každé zařízení implicitní po zapnutí.

Coordinator připojený k PC se do tohoto módu uvádí softwarově pomocí příkazu Enter AT Command Mode, který je v hexadecimálním tvaru implementován jako <0x41> <0x54> <0x2B> <0x2B> <0x2B> <0x0D>, a jeho ukončení a přepnutí zpět do Data módu je provedeno pomocí příkazu Exit AT Command Mode, který je v hexadecimálním tvaru definován takto <0xCC> <0x41> <0x54> <0x4F> <0x0D>.

Zařízení End Device nelze na dálku uvést do stavu Comand Mode pomocí softwarového příkazu, ale pomocí hardwarového pevného nastavení, které se provádí připojením pinu

CMD/DATA označeného jako G na signálovou zem (log 0) zařízení, která ovšem není vyvedena na zvláštní pin, takže je využito země vyvedené na RS-232. Dále je ke zprávné funkci CMD potřeba přepnutím jumperů skupiny J9 z Normal Operation (J9-3 J9-4) na Loopback (J9-1 J9-2).

Data Mode u End Device funguje tak, že se přijatá data z Coordinatoru odesílají na seriový port, a je k nim přístupováno pouze jako k datům, tudíž nemají možnost ovlivnit stav výstupů na End Device, tudíž v mé aplikaci není použitelný.

Command Mode je u Coordinatoru využíván k nastavení cílové adresy označující ovládané koncové zařízení. Cílová adresa se nastavuje ve stavu Command mode pomocí příkazu Write Destination NWK Address <0xCC> <0x10> <0x00> <NWK Hi> <NWK Lo>. Bajty NWK Hi a NWK Lo jsou adresou zařízení.

Adresovat jde buď všechna zařízení v dosahu najednou pomocí adresy FFFF, nebo jednotlivě pomocí zadání určité NWK adresy End Device.

Ovládání digitálních výstupů GIO\_0 a GIO\_1 je realizováno nastavením koordinátoru do Data Modu a End Device do Command Mode. Samotný příkaz je Write Digital Outputs <0xCC> <0x23> <Digital out>, kde dvojitý byte Data určuje bitově logické stavy jednotlivých digital GIO. Určení jednotlivých GIO je následující: bit-0 = GO0; bit-1 = GO1; bit-2 = GO2; bit-3 = GO3; bit-4 = GO4; bit-5 = GO5; bit-6 = GO6; bit-7 = GO7; bit-8-15 = jsou rezervovány zařízením.

Čtení se provádí pomocí příkazu Read Digital Input <0xCC> <0x20>, který navrací hodnotu <0xCC> <Digital in> Digital in je byte shodný s prvním bytem hodnoty Digital Out. Stav vstupu GIO\_2 je určen hodnotou bitu-2.

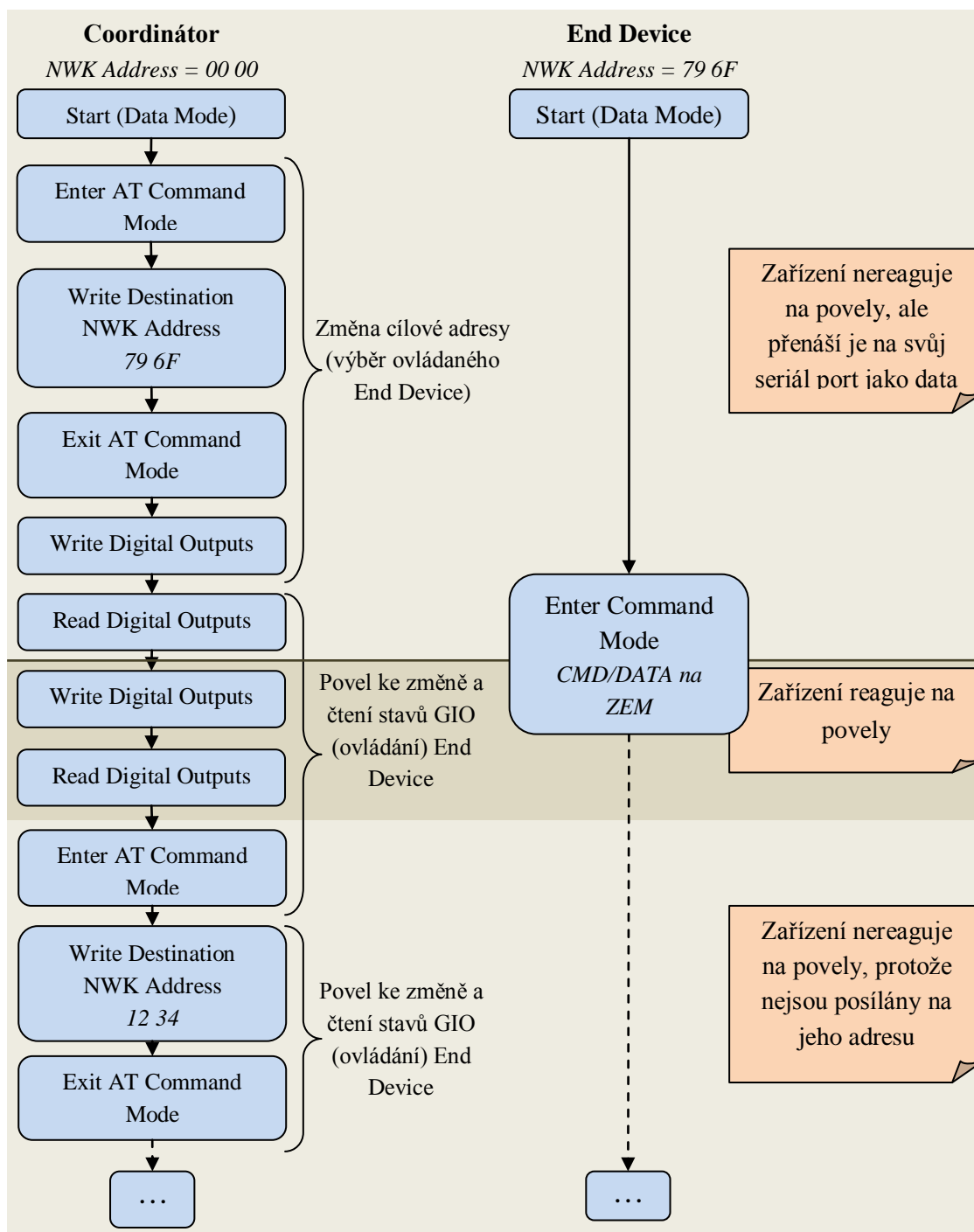
Vstupy řídicí elektroniky jsou připojeny takto VSTUP 1 na GIO\_0, VSTUP 2 na GIO\_1. Výstup invertoru 74ALS 04 upravující výstupní signál z optozávory je připojen na GIO\_2.

Směr otáčení motorku je určován pomocí příkazů Write Digital Outputs a to jmenovitě v hexa tvaru <0xCC> <0x23> <0x00> <0x01> a <0xCC> <0x23> <0x00> <0x02>. Zastavení je provedeno příkazem <0xCC> <0x23> <0x00> <0x00>.

Následující schéma (Obr. 14) znázorňuje posloupnost a vlastnosti jednotlivých nastavení komunikace.

[8]



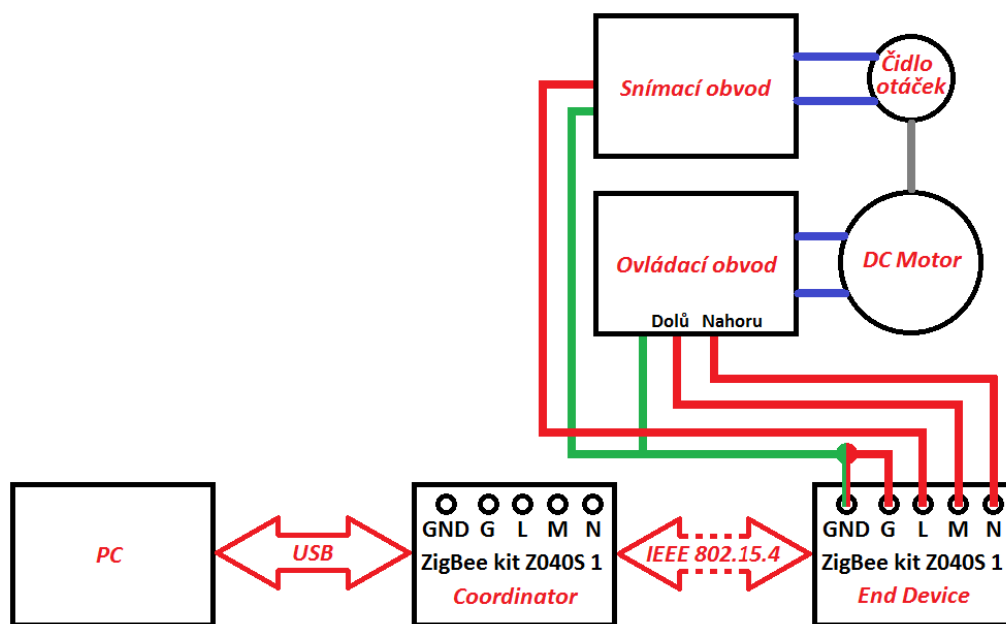


Obr. 14: Diagram průběhu nastavení komunikace modulu ZigBee

## 4.4 Testování a dolad'ování

Pro účely testování byl obvod sestaven na kontaktním nepájivém poli, kde bylo doladěno zapojení snímače otáček na zapojení výše uvedené, protože původní navržení v programu MicroCap 9 nebylo zcela funkční z důvodu velkého poklesu napětí na bateriích při spuštění motorku, který odebírá poměrně velký proud. Zapojení ovládací části se projevilo jako zcela funkční, jen byl k bateriím doplněn paralelně elektrolytický kondenzátor hodnoty 470  $\mu\text{F}$ , který eliminuje nechtěné otevření tranzistorů IRF3710 v okamžiku připojení k napájení. Tranzistory IRF3710 byly použity místo tranzistorů IRF710, protože tyto nebyly skladem a mají obdobné parametry, rozdílem je jen maximální proud a výkon, který jsou schopny zpracovat.

Vzájemná komunikace ZigBee byla nejprve testována výrobcem dodávaným softwarem Laird Technologies Wireless Configuration/Test Utility na koordinátoru. Problém nastal při celkovém zapojení dle blokového schématu zobrazeném na blokovém schématu (Obr. 15 **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**).



Obr. 15: Blokové schéma testovacího zapojení

Zjistilo se totiž, že sice ve výše zmíněném nastavení koncové zařízení bezproblémově reaguje na zasílané příkazy, ale navrácí potvrzující hodnoty na svůj port COM a ani za pomoci uživatelské podpory firmy Laird Technologies se problém nepodařilo vyřešit. Jádrem problému je to, že sice lze pomocí bezdrátového spojení ZigBee spouštět a ovládat směr otáčení motorku, ale nelze bezdrátově číst aktuální polohu ani její změnu. Dalším problémem by byla velká

odezva ZigBee na příkaz Read Digital Input, která je několikanásobná oproti potřebné vzorkovací frekvenci. Z těchto důvodů musela být koncepce ovládání přepracována.

## 5 Ovládací elektronika – změněná koncepce

Odstranění problému se zpětnou rádiovou vazbou lze docílit například těmito třemi možnostmi:

- Doplnění mikroprocesoru
- Stabilizace rychlosti otáček motorku
- Úprava motorku na krokový

Doplnění mikroprocesoru a komunikace s ním pomocí Data modu, by sice problém vyřešilo, ale tato varianta byla po dohodě s vedoucím bakalářské práce Ing. Martinem Černým zamítnuta z důvodu nákladnosti řešení.

Varianta stabilizace otáček a následné ovládání motorku pomocí času by vyžadovala složitou stabilizaci napětí v závislosti na otáčkách motorku a byla by velmi nepřesná z důvodu neovlivnitelné odchylky vytvořené rozběhy a zastavením motorku.

Jako nejschůdnější varianta se ukázala myšlenka doplnit k ovládacímu obvodu čítače a ovládat motorek pomocí impulsů.

Předpokládá se použití dvou čítačů. První čítač bude čítat impulsy přichozí ze ZigBee modulu. Druhý čítač bude čítat impulsy ze senzoru otáček. Po načtení určitého počtu impulsů na druhém čítači se provede jeho reset a zároveň se z prvního jeden impuls odečte. První čítač v případě, že není v hodnotě nula, sepne motorek, směr otáček bude určen pomocí klopného obvodu a členu AND. Druhý čítač má funkci děliče počtu pulsů, tak aby byla rozdělena dráha žaluziových lamel na dostatek poloh potřebných ke správné funkci žaluziového tělesa a zároveň aby byl počet poloh co nejmenší kvůli omezení maximálního počtu pulsů vyslaných pomocí ZigBee a omezila se tím spotřeba celého zařízení a jeho časová prodleva.

Další možností je použití tří čítačů, jednoho jako děliče počtu pulsů ze snímače a dalších dvou, které budou načítat počty pulsů pro každou stranu zvlášť.

## 5.1 Návrh logického obvodu s čítači

Varianta se dvěma čítači a klopným obvodem by sice dobře fungovala pro řešení, ve kterém by nebylo potřeba zvlášť ovládat i směr otáčení. Toto řešení selhává v případě, že na ZigBee přijdou v krátkém časovém intervalu impulsy pro oba směry.

Ovládání motorku do obou směrů v krátkém časovém intervalu řeší použití 3 čítačů, respektive dvou ovládacích a jednoho jako děličky signálu z inkrementálního snímače otáček.

Čítač pracující jako dělička bude klasický čítač vpřed, který bude nastaven na vhodnou konstantu, při které odešle impuls na výstup a zároveň se resetuje zpět na nulu.

Ovládací čítače fungují tak, že při příchodu impulsů ze ZigBee modulu, například z výstupu GIO\_0 reprezentujícího pohyb dolů, je za každý impuls zvednuta hodnota prvního čítače o jednu jednotku. V případě, že přijde impuls z výstupu ZigBee modulu GIO\_1, je o jejich počet zvednuta hodnota na druhém čítači. Pokud není na čítači nulová hodnota, je spuštěn motorek tím směrem, který reprezentuje výstup ZigBee modulu k němu připojený.

Problém by nastal, kdyby oba čítače byly ve stavu rozdílném od nuly, protože by se na obou vstupech zesilovače, který bude zachován v téměř nezměněné poloze, objevily logické stavy jedna, které reprezentují povel k rozběhu motorku. Toto by znamenalo pro zesilovač havarijní stav, při kterém by byly otevřeny všechny čtyři výkonové tranzistory najednou, čímž by došlo ke zkratu a mohlo by dojít k jejich poškození či zničení zdroje a zároveň by nastal stav podobný zamrznutí, kdy by řídicí čítače dále načítaly impulsy, ale při stojícím motorku, který by byl obejit zkratem, by nedocházelo ke snižování jejich hodnoty. Toto však lze řešit jednoduchým přidáním logického obvodu typu AND na jeden ze vstupů zesilovače, do tohoto logického násobení by přicházel jak původní signál z výstupu čítače, tak invertovaný výstup z druhého čítače, což zajistí, že se při jednom aktivním směru nemůže obvod spustit i druhý.

Toto řešení by bylo již reálně funkční, ale jeho velkým neduhem by byla pomalá reakce změny směru otáčení na přijatý povel v případě, že logický obvod řízení žaluzie stále obsluhuje předchozí události, protože se každá nová událost přičte k předchozím ještě neobslouženým. Tato nedokonalost obvodu je řešitelná připojením logiky, která rozhoduje, jestli se přijatý povel přičte v čítači přidruženému směru reprezentovaného povelem, nebo bude odečtena jeho hodnota na čítači přiřazeného ke směru opačnému. Tato podmínka je realizována jednoduchou logikou pomocí členů AND a OR, které určují, jestli je druhý čítač než čítač přiřazený k obsluze povelu v nule, pokud není, je množství přijatých pulsů odečteno od druhého čítače a vstup na první čítač je zablokován předřazeným logickým obvodem AND.

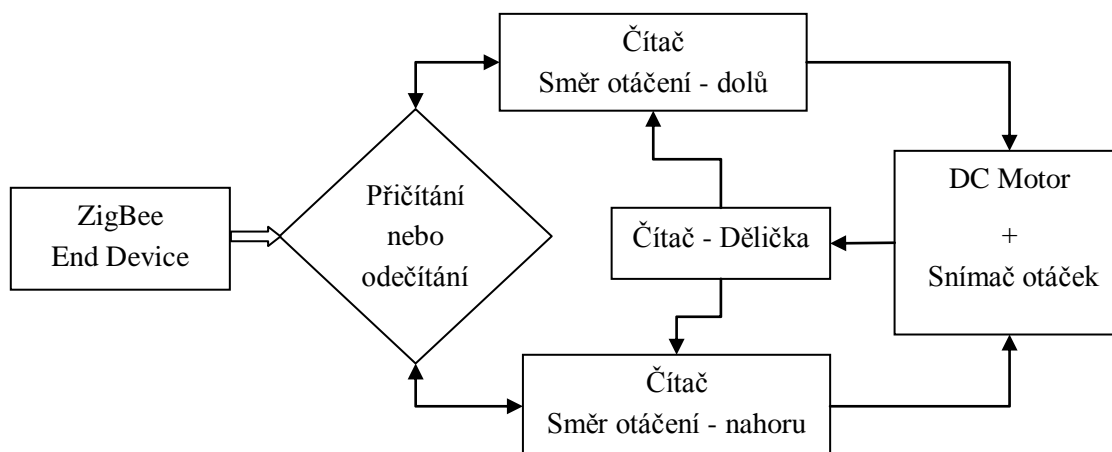
Jako reálné integrované obvody byly pro realizaci čítačů vybrány čtyřbitové obousměrné čítače řady 74 193, ke kterým byl přidán dekodér čtyř bitů na jeden z šestnácti 74 154. Použité obvody

řady 74xxx jsou aplikovatelné na logiku TTL 3.3 V použitou u ZigBee modulu Z040S 1 firmy Laird Technologies. Jelikož je tento čítač 4 bitový, má maximální možný počet výstupních kombinací 16, tudíž maximální počet načtených inkrementů je 15, pak dojde k přetečení čítače a jeho vynulování. Dráha žaluziového tělesa je poměrně dlouhá a je nesmyslné ji navzorkovat pouze na 15 úseků, proto budou čítače zdvojeni, čímž se dosáhne maximální počet možných kombinací 256, což dostačuje.

Zdvojení bude provedeno připojením vstupů COUNT UP (čítání vpřed) a COUN DOWN (čítání vzad) druhého čítače na výstupy CARRY a BORROW, které reprezentují přetečení a podtečení prvního čítače. Zároveň je zabráněno pomocí logických členů AND podtečení v případě, že je dosaženo nuly na obou čítačích.

Čítač fungující jako dělička signálu bude realizován také s obvodů 74 193 a obvodů 74 154 jen s tím rozdílem, že je použito jen přetečení CARRY a čítače jsou resetovány pomocí členu AND připojeného na jejich vstup CLEAR představující reset. Členy AND reagují na invertovaný signál z výstupů obvodů 74154. Konstanta, při které k resetu dochází, je volitelná pomocí dvou sad po 16 jumperech. Ty reprezentují dvoumístnou hexadecimální konstantu dělení. Invertory jsou potřeba, protože je aktuální hodnota na výstupu reprezentována stavem log 0, neaktivní výstupy jsou ve stavu log 1.

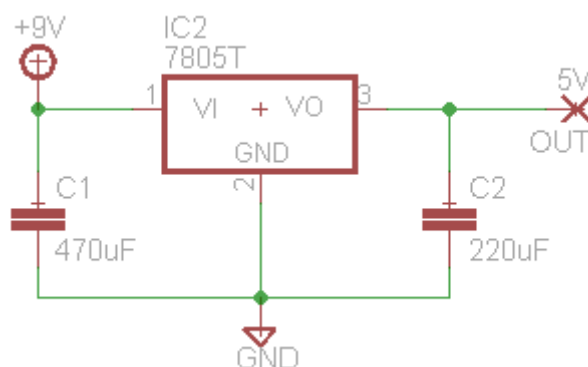
Vstupem obvodu, pracujícího jako dělička, bude výstup obvodu světelné závory TCST 1103. Výstup obvodu aktivní při jeho resetu bude připojen na vstupy COUNT UP ovládacích čítačů.



**Obr. 16: Blokové schéma logického obvodu**

## 5.2 Změny na zesilovači

Jedinou změnou na zesilovači je záměna pevných zpětnovazebních odporů hodnoty 120 k $\Omega$  za odporové trimry o maximální hodnotě 2,5 k $\Omega$ , díky kterým je možno regulovat zesílení OZ ovládajícího koncové výkonové tranzistory MOSFET. Toto také eliminuje rozdíl rychlosti otáčení motorku vpřed nebo vzad zjištěný při testování, dovolí také kompatibilitu obvodu s jinými DC motorky. Další změnou je obohacení DPS o integrovaný stabilizátor 5V 7805, který bude použit jako napájení logických obvodů. Jeho zapojení je provedeno dle návodu v jeho datasheetu. K napájení celé soustavy byl kvůli vyšší spotřebě a malé výdrži baterií při předešlém testování zvolen stabilizovaný síťový zdroj 9V.



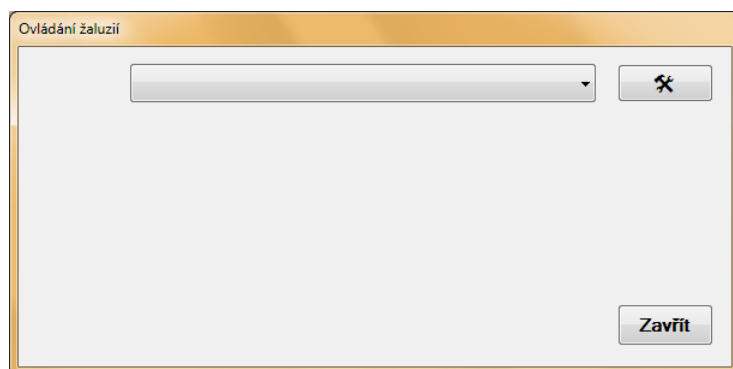
Obr. 17: Zapojení stabilizátoru napětí 5V

## 5.3 Změna prostředí v PC

Použití impulsního řízení si vyžádalo i rozsáhlé přepracování GUI rozhraní v PC a celé obslužné softwarové aplikace. Již není možné ovládat žaluziové těleso real-time, protože komunikace pomocí impulsů má určité zpoždění tvořené pomalou odezvou ZigBee modulů. Proto byly odstraněny ovládací tlačítka Nahoru, Dolů a Stop. Zůstává stejný systém výběru žaluziového tělesa pomocí comboboxu i jeho pozice pomocí scrollbaru. Přidána byla textová pole pro zobrazení celkové dráhy vybrané žaluzie a její aktuální pozice. V comboboxu byla odstraněna možnost výběru všech zařízení -- vše --, protože jej při impulsním řízení není možné použít.

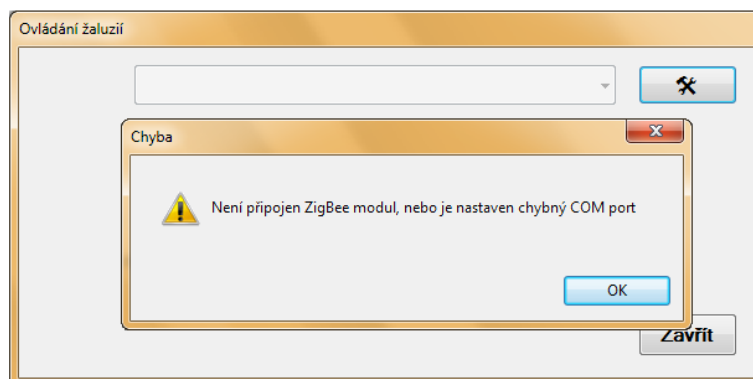
Jelikož je aplikace určena i pro starší uživatele nebo pro uživatele, kteří mají pohybový hendikep spojen se špatným viděním, jsou všechny fonty důležitých prvků hlavního okna zvětšeny proti běžné velikosti používané OS.

Při spuštění programu se uživateli zobrazí redukované hlavní okno s možnostmi výběru žaluzie, tlačítkem pro zobrazení nastavení a tlačítkem zavřít pro ukončení programu.



**Obrázek 18: Redukované hlavní okno aplikace**

Pokud není připojen ZigBee modul - Coordinator, modul není aktivní, nebo je nastaven v panelu nastavení špatný virtuální sériový port COM, na kterém není ZigBee připojen, je zobrazena chybová hláška a je znemožněn výběr ovládané žaluzie. V tomto případě je ale ponechána možnost vstupu do okna Nastavení, kde je možnost vybrat správný port COM.

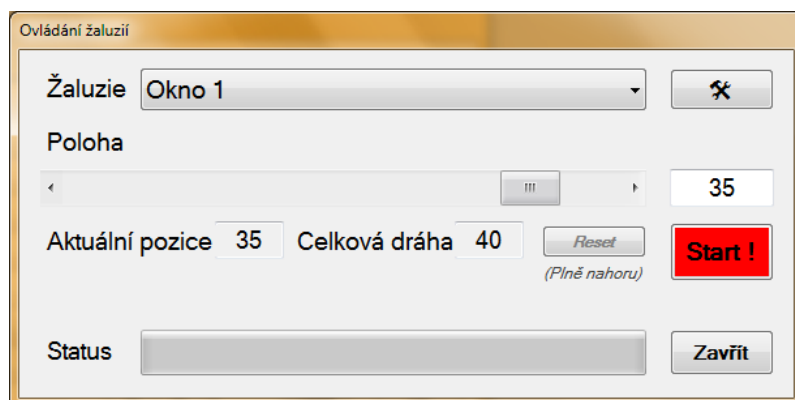


**Obr. 19: Chybové hlášení**

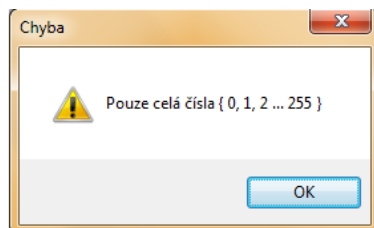
V případě, že je nastaven správný COM port a zařízení je připraveno, dojde k zobrazení plného hlavního okna. V něm je nahoře možnost výběru žaluzie, po klepnutí na požadovanou žaluzii je do Coordinatoru nastavena jeho adresa. Názvy jednotlivých zařízení End Device připojených k žaluziím a jejich adresy NWK jsou nastavitelné v okně nastavení, do kterého lze přejít kliknutím na znak zkříženého kladiva a utahovacího klíče použitého jako běžně známý znak reprezentující úpravy, nastavení a opravy.



Scrollbar označený jako poloha je automaticky po výběru žaluzie nastaven na hodnotu aktuální polohy žaluzie, která byla uložena při předchozím běhu aplikace. Se scrollbarem je přímo propojeno textové pole vedle něj, ve kterém se číselně zobrazuje jeho poloha, a je v něm možné ji upravovat číselným vstupem, do nějž je možné zapisovat čísla v rozmezí 0 až celková hodnota dráhy žaluzie.



**Obr. 20: Plné hlavní okno aplikace**



**Obr. 21: Upozornění na nesprávný znak**

Dále hlavní okno obsahuje dvě needitovatelná textová pole, v nichž se zobrazuje aktuální poloha žaluziového tělesa a její celková dráha. Tlačítko Start spustí cyklus, který odešle přes ZigBee na logický obvod tolik cyklů, kolik činí rozdíl mezi aktuální polohou scrollbaru a aktuální polohy žaluzie reprezentované proměnou Aktuální pozice. Tlačítko Reset reprezentuje automatický reset, při kterém je na logický obvod odeslána hodnota plné dráhy žaluzie směrem nahoru, čímž se program zkalibruje. Tlačítko Zavřít ukončí celou aplikaci.

V okně Nastavení byla doplněna nová textová pole Dráha, do kterých lze nastavit ke každé žaluzii kromě jejího názvu a adresy i její celkovou dráhu. V případě ručního zásahu do pozice žaluziového tělesa, například při její instalaci, nebo servisu jsou zde tlačítka Reset, která

dovolují resetovat dráhu každé žaluzie zvlášť do polohy nahoře. Tento reset ale neovlivňuje žaluzii jako takovou, pouze informaci o její pozici uloženou v PC.

Okno nastavení již nedisponuje zvětšenými fonty, protože není určeno pro běžné použití, ale pro nastavení hodnot při servisu a instalaci zařízení. Tlačítka OK, Storno a Default mají běžné funkce známé z OS Windows.

#	Název žaluzie	Adresa (NWK)	Dráha	Akt. dráha
01	Okno 1	79	6F	40
02	Okno 2	FF	FF	30
03	Okno 3	33	5A	20
04	- 04 -	00	00	0
05	- 05 -	00	00	0
06	- 06 -	00	00	0
07	- 07 -	00	00	0
08	- 08 -	00	00	0
09	- 09 -	00	00	0
10	- 10 -	00	00	0
11	- 11 -	00	00	0
12	- 12 -	00	00	0

COM 1

Reset OK Storno Default

Obr. 22: Okno nastavení

## 5.4 Hlavní panel a mechanické provedení

Hlavní panel zařízení, umístěný na krytu ovládací elektroniky, bude sloužit k vypnutí zařízení, nebo k ručnímu ovládání v případě instalace či servisu. Tento panel bude obsahovat posuvné vypínače pro ZigBee a pro logickou část se zesilovačem, tlačítka reset, nahoru a dolů ovládající přímo pohon žaluzie a dvě led diody indikující směr otáčení.

V krytu budou okénka, ve kterých bude možné vidět indikační led diody na ZigBee modulu zobrazující logické stavy na GIO\_0, GIO\_2 a GIO\_3.

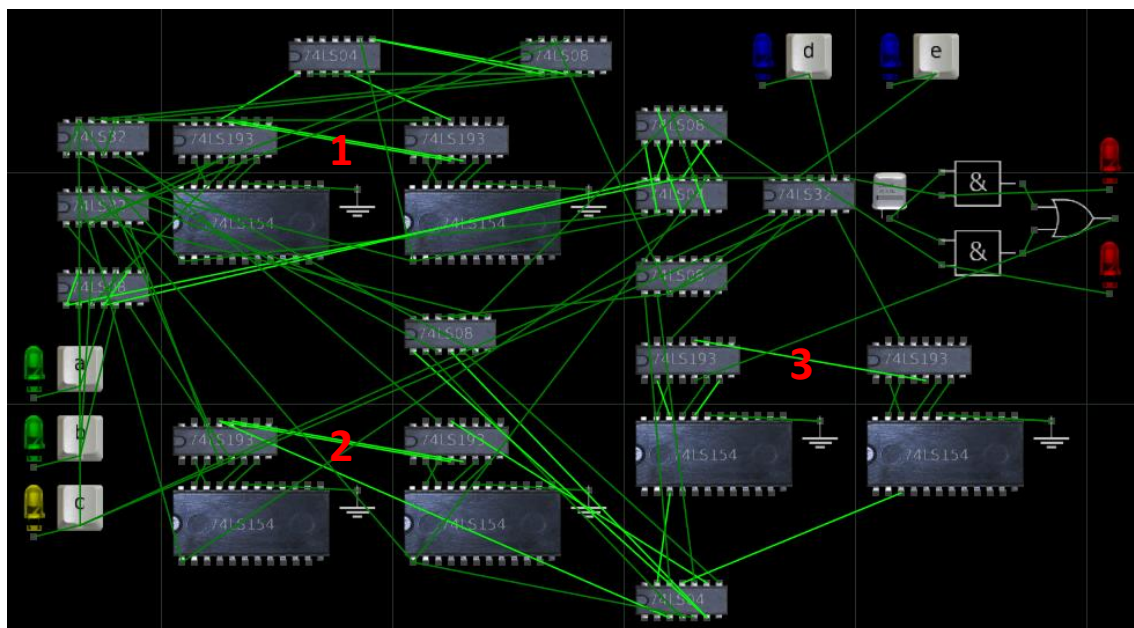
Na boční straně zařízení budou zdířky pro připojení napájení, DC motorku, snímače otáček a koncového spínače, který slouží k resetu ovládacích čítačů při automatickém resetu provedeného prostřednictvím GUI rozhraní.

## 5.5 Realizace a testování

Nejprve bylo provedeno dílčí testování obslužné aplikace v PC na obou ZigBee modulech. Správná funkce komunikace a reakcí na příkazy byla ověřena pomocí testovacího software Wireless Configuration/Test Utility od Firmy Laird Technologies dodávaného k modulům a pomocí LED indukujících stavy výstupů koncového zařízení.

Obvod zesilovače byl otestován pomocí aplikace Micro-Cap 9 a jeho sestavením na desce nepájivého kontaktního pole již v předchozí koncepci řešení.

Nový obvod logického řízení obsahující čítače byl vytvořen a testován ve freewarové aplikaci Atanua od finského autora BEng. Jari Komppa, která slouží k vizualizaci a návrhu logických obvodů. Tato aplikace obsahuje široký výběr virtuálních kopií reálných obvodů z řady 74xxx.. Ukázka sestavení se nachází na obrázku (Obr. 23).



Obr. 23: Vývojové a testovací sestavení logického obvodu v prostředí Atanua

Popis funkcí jednotlivých prvků:

- Tlačítka A a B - jsou náhradou výstupu GIO\_0 a GIO\_1 u koncového zařízení ZigBee
- Tlačítko C - nahrazuje tlačítko reset hlavního panelu
- Tlačítka E a D - nahrazují manuální ovládání žaluzie umístěné na hlavním panelu pro případ servisních zákroků
- Obvod sestavený z generátoru frekvence, dvou logických členů &, jednoho sčítání a dvou červených LED je improvizovaná náhrada motorku se senzorem otáček.
- Skupiny čítačů 1 a 2 mají funkci načítání impulsů ze ZigBee modulu
- Dvojice čítačů 3 jsou výše zmíněnou děličkou signálu
- Ostatní obvody mají za úkol logické řízení tohoto obvodu

Realizace obvodu byla provedena sestavením obvodů na tři DPS, které byly navrženy v prostředí EAGLE. Jsou to zvlášť DPS zesilovače, logického obvodu a DPS tvořící podklad hlavního panelu. Ukázky elektrických schémat a předloh pro vytvoření reálné DPS jsou zobrazeny v přílohách.

Při celkové realizaci se obvod projevil jako funkční, nicméně DPS složená s logických členů řady 74xxx je pro běžné použití poměrně rozměrná a obvod jako celek je pro pomalé odezvy použitých ZigBee modulu na příkazy z PC poměrně pomalý, nicméně funkční po stránce plnění úkolu od něj očekávaného a pro nenáročného uživatele, jakým zpravidla pacienti v domácí péči bývají zcela použitelný.

## 6 Závěr

Zadáním této bakalářské práce bylo navrhnout a uvést v činnost bezdrátové zařízení, které by bylo schopno pomocí protokolu ZigBee dálkově ovládat vnitřní okenní žaluzie v HomeCare aplikacích. Tato práce řešila celkovou problematiku ovládání pohonné jednotky žaluziového tělesa, která je tvořena stejnosměrným motorkem. Úkol byl při návrhu a realizaci rozdělen do tří částí. Tyto sestávaly z aplikace v PC, realizace ZigBee komunikace mezi PC a pohonnou jednotkou a samotného obvodu ovládající směr otáčení DC motoru.

Nejprve bylo nutno sestavit výkonový koncový stupeň v práci označovaný jako Zesilovač, který přímo provádí reverzaci DC motoru pomocí převrácení polarity napájení. Dále bylo potřeba uvést v provoz komunikaci mezi PC - ZigBee vysílačem Coordinátorem, koncovým zařízením End Device a samotným obvodem pohonu. Tato komunikace byla nakonec řešena jako pulzní ovládání a koncové zařízení bylo obohaceno o logický obvod zařizující řízení Zesilovače pulsy přicházejícími z PC přes ZigBee moduly. Posledním krokem k realizaci celého zařízení bylo vytvoření PC aplikace, která dovoluje pomocí GUI rozhraní i méně technicky znalým osobám bez problému ovládat polohu žaluzie pomocí myši.

Celé zařízení bylo postaveno na základě dodaných ZigBee modulů, které jsou součástí vývojového kitu Z040S 1. Jako možná budoucí úprava tohoto obvodu, zejména z hlediska jeho miniaturizace a zrychlení komunikace se naskýtá možnost zaměnit mnou navrženou logickou strukturu za její obdobu vyvořenou mikroprocesorem, nebo využití ZigBee modulů jiných parametrů a možností. Dále by bylo možným zlepšením komfortu uživatele obohacení PC aplikace o možnosti automatické regulace na základě osvětlení místnosti nebo časové předvolby.

## 7 Použitá literatura

- [1] BRADÁČ, Zdeněk. Bezdrátový komunikační standard ZigBee. Automatizace [online]. 2005 [cit. 2010-01-14]. URL: <<http://www.automatizace.cz/article.php?a=638>> .
- [2] CSMA/CA. Wikipedia [online]. [cit. 2010-01-15]. URL: <<http://cs.wikipedia.org/wiki/CSMA/CA>> .
- [3] Direct Sequence Spread Spectrum. Wikipedia [online]. [cit. 2010-01-15]. URL: <[http://cs.wikipedia.org/wiki/Direct\\_Sequence\\_Spread\\_Spectrum](http://cs.wikipedia.org/wiki/Direct_Sequence_Spread_Spectrum)> .
- [4] Home Care. Wikipedia [online]. [cit. 2010-01-13]. URL: <[http://en.wikipedia.org/wiki/Home\\_care](http://en.wikipedia.org/wiki/Home_care)> .
- [5] MOHYLOVÁ, Jitka. - PUNČOCHÁŘ, Josef. Elektrické obvody II. 1. vydání. Ostrava: VŠB - Technická universita Ostrava, 2007. 162 stran. ISBN 978-80-248-1338-7.
- [6] Phase-shift keying. Wikipedia [online]. [cit. 2010-01-15]. URL: <[http://en.wikipedia.org/wiki/Phase-shift\\_keying#Offset\\_QPSK\\_.28OQPSK.29](http://en.wikipedia.org/wiki/Phase-shift_keying#Offset_QPSK_.28OQPSK.29)> .
- [7] VOJÁČEK, Antonín. ZigBee - novinka na poli bezdrátové komunikace. HW server [online]. 2006 [cit. 2010-01-14]. URL: <<http://hw.cz/Rozhrani/ART1299-ZigBee---novinka-na-poli-bezdratove-komunikace.html>> .
- [8] ZB2439 WIRELESS MODULE User manual [online]. verze 1.0. Laird Technologies, 2009-3-17 [cit. 2010-04-03]. URL: <<http://www.lairdtech.com/WorkArea/DownloadAsset.aspx?id=4380>> .
- [9] ZigBee. Wikipedia [online]. [cit. 2010-01-14]. URL: <<http://cs.wikipedia.org/wiki/ZigBee>> .

## Seznam příloh na CD

- I. Elektrické schéma zesilovače
- II. Elektrické schéma logického obvodu s e snímačem otáček
- III. Elektrické schéma stabilizátoru 5 V
- IV. DPS zesilovače
- V. DPS logického obvodu se snímačem otáček
- VI. DPS ovládacího panelu
- VII. Zdrojový kód - Spouštěcí program
- VIII. Zdrojový kód - Hlavní okno
- IX. Zdrojový kód - Okno nastavení
- X. Simulace logického obvodu v prostředí Atanua
- XI. Komprimované obrazy DPS tvořené soubory aplikace EAGLE
- XII. Komprimovaný instalační soubor PC aplikace